Clauses techniques particulières
«Simulateur de vol dynamique à vocation pédagogique »

Ce simulateur, à vocation pédagogique, permettra d'aborder les programmes de Sciences de l'Ingénieur au niveau du bac STI2D, du bac S Sciences de l'Ingénieur et CPGE scientifiques. Il sera construit sur le modèle d'un avion ROBIN DR400/180 au niveau du comportement simulé, de l'agencement général du tableau de bord et des commandes de vol. Un accès aux données échangées entre les différentes parties du simulateur est impératif pour l'exploitation pédagogique du système.

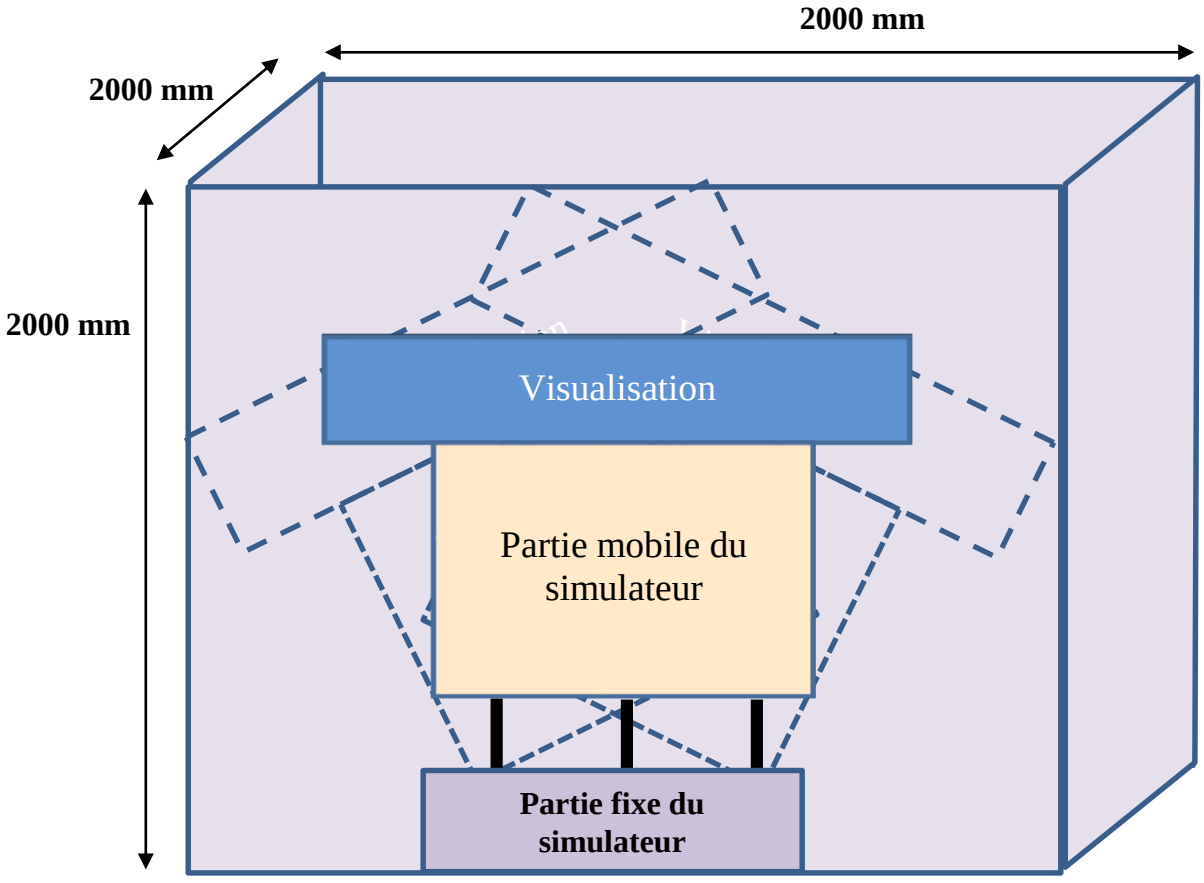
Chaque élément du cahier des clauses techniques doit être défini précisément. La réponse devra être accompagnée de la documentation demandée et pourra être complétée par des schémas, photos, notices techniques ou autres documents qui permettent la définition exacte du système proposé.

Un document annexe décrit la classification (A: obligatoire ou B: souhaitée) des fonctions définies dans le cahier des clauses techniques ci-dessous. Ce document servira de base à l'analyse et à la notation technique des propositions.

Définition des caractéristiques du simulateur

A -Caractéristiques dimensionnelles générales

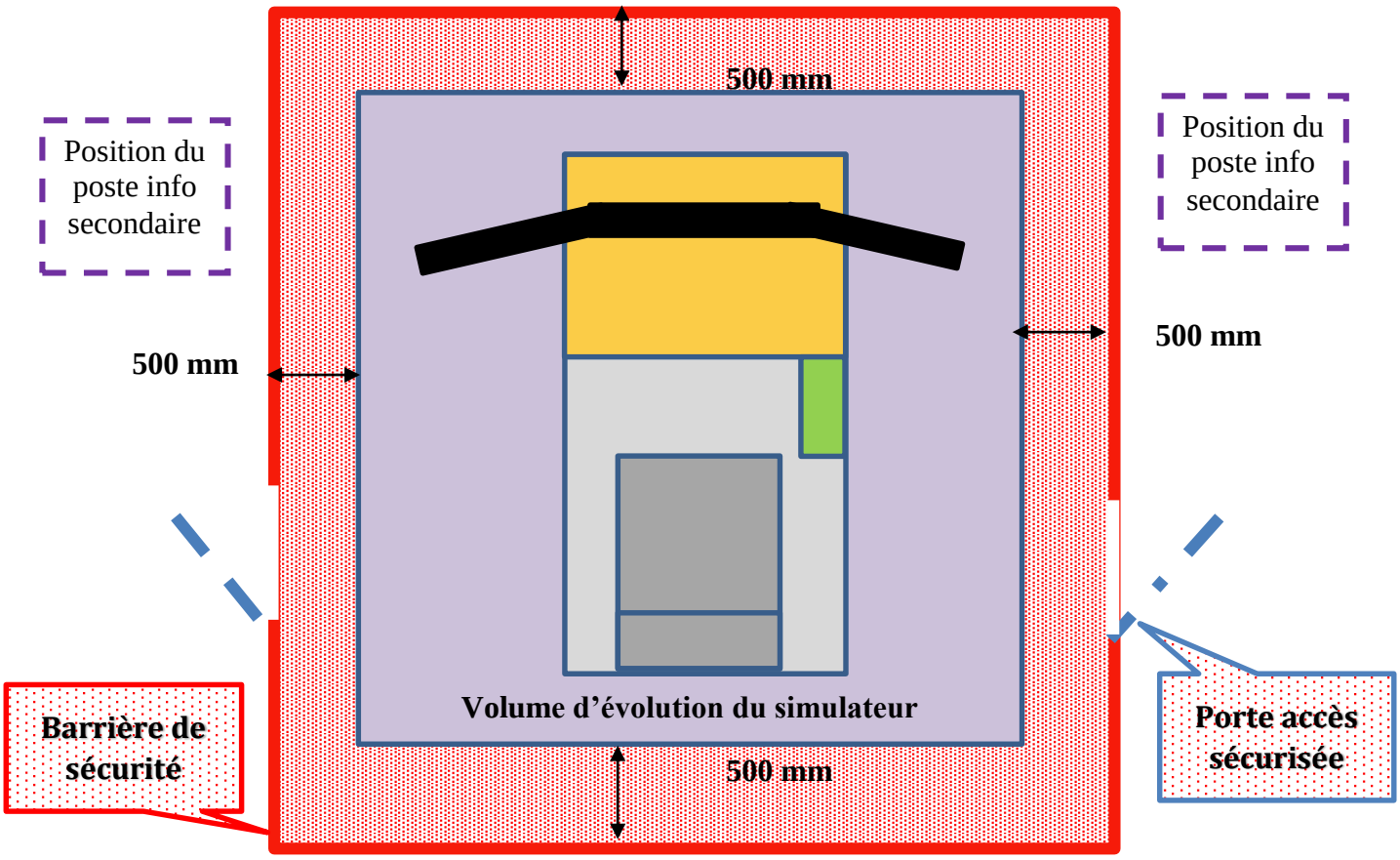
A-1 : Volume d'évolution du simulateur



A-2 : Sécurisation du volume d'évolution du simulateur

Une zone de sécurité de **500mm Mini** autour du volume d'évolution du simulateur est à prévoir avec :

- La zone d'évolution du simulateur devra être protégée pendant les évolutions pour éviter un contact direct avec les personnes placées à l'extérieur de la zone. Le système de protection devra être fixé au sol, adapté à la configuration de la salle et d'une hauteur minimale conforme à la réglementation (à préciser).
- Une porte d'accès sécurisée**. La simulation dynamique doit être figée** dès l'ouverture **de cette porte ou par action sur u**n bouton **ARU** placé près de celle-ci pour une intervention extérieure.
- Cette « barrière » devra être transparente afin de ne pas occulter la visibilité complète du simulateur, partie dynamique comprise pour surveillance de l'élève et observation du fonctionnement.
- Le positionnement de cette porte sera défini au montage pour tenir compte de l'emplacement du simulateur dans la salle.
- Le poste informatique secondaire sera situé à l'extérieur de la zone de sécurité. Il pourra être situé en position droite ou gauche selon la configuration de la salle



A-3 : Masse maxi du simulateur

La masse maxi de l'ensemble : 250 Kg (installation possible dans les étages)

B- Partie plateforme dynamique du simulateur

B-1 : Description de l'équipement :

* Plateforme dynamique **3 axes** (roulis, tangage, axe vertical),

  Angle de roulis : ± 17° taux de roulis mini 28°/s
  Angle de tangage : ± 17° taux de tangage mini 28°/s
  Déplacement vertical : 160mm MINI vitesse mini : 130mm/s

* Déplacements assurés par 3 servomoteurs électriques asynchrones intégrant un codeur incrémental

* Chaque moteur sera piloté par un variateur électronique de fréquence communiquant pour un échange de données et équipé pour un pilotage extérieur et indépendant de chaque axe.

* Raccordement sur **réseau 240V monophasé standard 2KW maxi (20A Maxi)**

* Cette plateforme, en position repos, doit permettre un accès direct au poste de pilotage sans l'utilisation d'accessoires amovibles de type marches ou escabeau. La hauteur maxi à franchir par rapport au plancher de la cabine sera < = 400mm

- Les parties mécaniques devront être rigides pour éviter des oscillations parasites lors des déplacements de la cabine. Les guidages en rotation seront montés sur roulements à billes ne nécessitant aucun entretien.

- La partie dynamique du simulateur sera équipée d'un dispositif d'acquisition 3D de données placé au **point spécifique** du centre de rotation de la plateforme mobile afin :

  - de mesurer les déplacements linéaires de ce point selon les 3 axes (X,Y,Z)
  - de mesurer les déplacements angulaires de la plateforme autour de ce point
  - de mesurer les accélérations linéaires et angulaires de la plateforme

  - Les données enregistrées par le dispositif temps réel seront disponibles sur les postes informatiques:
    - sous forme "brute" données issues du capteur
    - stockées et affichées à l'écran avec un filtrage des bruits parasites éventuels
    - si le capteur ne peut pas être positionné sur ce point de rotation, il faudra prévoir un traitement pour ramener les résultats au point de rotation de la plateforme mobile afin de faciliter l'exploitation des données par les élèves des bacs concernés.

B-2 : Documentations techniques à fournir :

- Plans 3D détaillés de chaque pièce et de l'ensemble de la plateforme au format Solidworks,

- Le protocole de communication et d'accès aux données, les paramétrages de chaque moteur, les codes sources,

- Les références et notices techniques des moteurs,

- Schéma électrique de câblage,

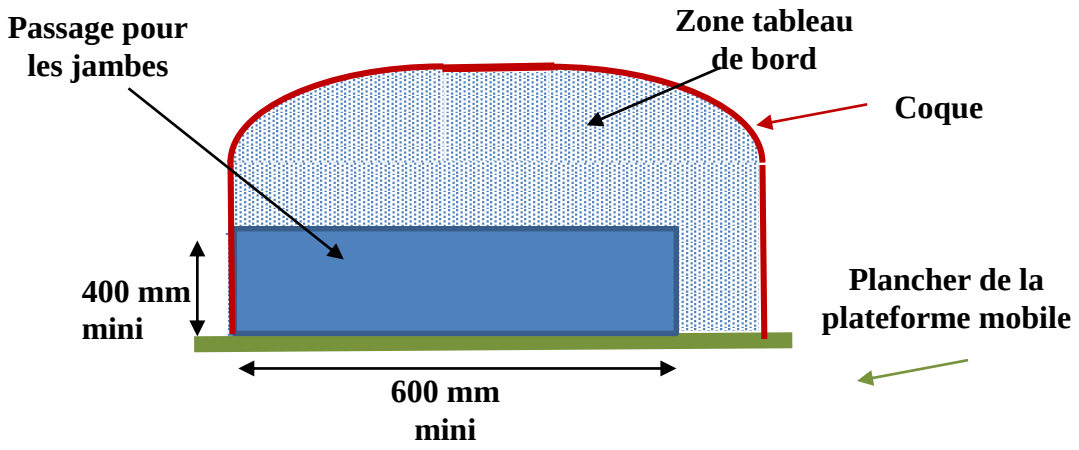
- Référence et manuels de programmation des variateurs,

- le schéma de l'architecture des asservissements utilisés pour chaque axe motorisé.

C- Cellule du simulateur :

C-1 : Description générale de la cellule :

* la cellule **monoplace** comprendra une coque rigide de forme arrondie permettant la fixation du tableau de bord et ménageant un passage pour les jambes du pilote (voir schéma),
* Une cloison située derrière les palonniers isolera le pilote du compartiment informatique,
* cette coque sera solidaire de la plateforme mobile,
* les écrans de visualisation des vues extérieures seront solidaires de la coque mobile,
* le côté gauche devra permettre un accès facile au siège du pilote,
* une console sur le côté droit sera prévue pour supporter des commandes définies au § E6, conformément à celles de l'avion de référence (DR-400),
* la position de vol et l'ergonomie doivent respecter celles de l'avion de référence.
* le siège du pilote, fixé sur le plancher mobile, sera réglable en translation (avant/arrière) pour ajuster la position des jambes,
* la cellule doit comporter à l'avant un compartiment pour loger les équipements informatiques et les cartes de commande. Ce compartiment pourra être ouvert ou fermé, dans ce cas il devra comprendre une ventilation forcée dimensionnée pour garantir le bon refroidissement du matériel,
* peinture de couleur 3 tons (bleu, vert et blanc selon logo du Conseil Régional Aquitaine)



C-2 : Documentations techniques à fournir :

* plan 3D de la cellule au format SolidWorks,
* Données mécaniques (masses, inerties, matériaux)

D- Commandes de vol du simulateur:

D-1 : Description matérielle des commandes de vol :

Manche à balai type DR400 :

* Le manche sera situé en position centrale en respectant l'emplacement, le débattement et l'ergonomie de celui de l'avion réel,
* Axe de roulis : à efforts contrôlés passifs, calibrés DR-400,
* Axe de tangage : à efforts contrôlés passifs, calibrés DR-400,
* sur le manche sera disposée la commande de changement des différentes vues extérieures affichées (haut, bas, gauche, droite).

Palonnier :

* Le palonnier (Axe lacet) aura la même ergonomie que celui du DR400, il sera fonctionnel et à efforts contrôlés passifs, calibrés DR-400,

* le palonnier sera équipé de freins différentiels progressifs en haut des pédales,

Commande des volets :

* Elle sera de type à commande électrique par inter à bascule 3 positions (position neutre centrale). Son positionnement sera précisé au paragraphe E3.

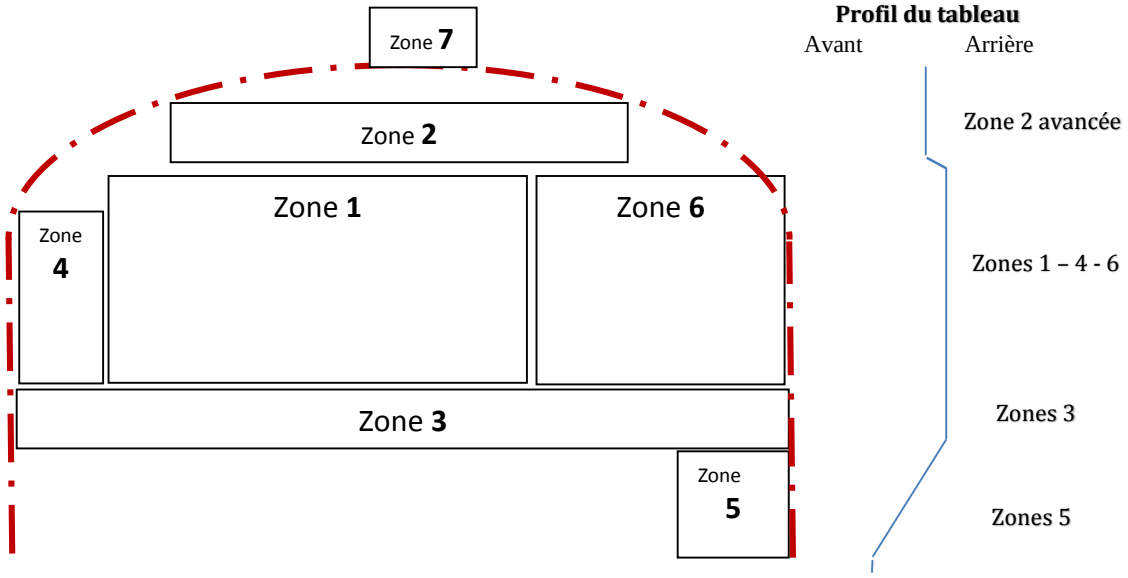
D-2 : Documentations techniques à fournir :

* Plans 3D détaillés de chaque pièce et des ensembles (manche, palonnier) au format Solidworks
* Références et notices techniques des constituants commerciaux,

E- Tableau de bord du simulateur :

E-1 : Description matérielle du tableau de bord :

* la forme générale du tableau de bord sera proche de celle du DR400,
* les instruments et les commandes seront positionnés dans les zones définies sur le schéma de principe donné ci-dessous,
* un marquage résistant de tous les éléments du tableau est demandé,
* le plan détaillé du tableau avec le positionnement de toutes les commandes et informations affichées sera fourni pour chaque configuration



E-2 : Affichage des instruments de conduite et de contrôle moteur : (Zone 1)

* L'affichage se fera sur un écran couleur LCD de 19" minimum (cadrans représentés à l'échelle réelle)
* L'affichage des instruments se fera selon les dispositions données ci-dessous avec 2 modes d'affichage programmés (fournir une vue pour chaque mode):

  Mode 1 (instruments de type classique)
  Mode 2 (affichage glass cockpit)

- L'instrumentation correspondra à un avion équipé IFR.
- 8 voyants seront affichés dans la partie haute de l'écran avec repérage de la fonction :
    - basse pression huile, basse pression essence, bas niveau essence, charge alternateur, Démarreur enclenché, volets sortis, Pitot chauffant, câble de remorquage accroché
- la position des volets sera affichée en partie basse de l'écran (modèle DR401)
- la position du trim sera affichée en partie basse de l'écran (modèle DR401)

Descriptif des commandes auxiliaires prévues :

E-3 : Inters positionnés en partie haute du tableau (Zone 2) :

* **5 Inters à bascule fonctionnels** de couleur noire avec repérage de la fonction :
  - phare atterrissage
  - phare roulage
  - feux anti collision
  - feux navigation
  - dégivrage Pitot
- 1 inter pour le test des voyants.

E-4 : Inters et commandes fonctionnels positionnés en partie basse du tableau (Zone 3) :

* 3 inters à bascule fonctionnels avec repérage de la fonction :
  batterie de couleur rouge
  alternateur de couleur rouge
  pompe électrique de couleur blanche
* 1 sélecteur à clé fonctionnel à 4 positions magnétos (OFF/L/R/Both),
* 1 commande de Réchauffage carburateur (grise) (tirette verrouillable de type DR-400),
* 1 inter 3 positions (neutre au milieu) pour la commande des volets
* 1 commande de richesse à tirette (rouge).
* 1 bloc prise casque situé à gauche de la zone 3

E-5 : Commandes fonctionnelles avec repérage de la fonction, positionnées sur la partie gauche du tableau (Zone 4)

* 1 commande des Gaz avec emplacement, débattement et efforts conformes au DR400
* 6 encodeurs pour le réglage des instruments affichés sur l'écran principal (altitude, Vor1 et 2, conservateur de cap, ADF, horizon),

E-6 : Commandes fonctionnelles avec repérage de la fonction, positionnées sur la console en partie basse du tableau conformément au DR-400 (Zone 5)

* 1 commande de frein de parc,
* 1 inter 3 positions (neutre au milieu) pour la commande du trim
* 1 sélecteur des réservoirs à 4 positions intégrant le bouton Start,
* 1 ARU (arrêt d'urgence) qui fige l'évolution de la partie dynamique et met en sécurité les fonctions associées (la plateforme ne doit plus bouger)

E-7 : Instruments fonctionnels de radiocommunication : (Zone 6)

Les instruments fonctionnels (commandes et affichage) comprendront :

* COM 1, COM2, NAV1, NAV2, ADF, Autopilote

E-8 : Instrument fonctionnel piloté: (Zone 7)

Une boussole fonctionnelle et pilotée par le logiciel sera disposée sur la partie haute du tableau de bord

E-9 : Boitier général de commande électrique du système :

L'emplacement de cette zone est laissé à l'initiative du concepteur, elle doit comprendre :

* 1 protection générale de mise sous tension du simulateur avec verrouillage possible,
* 1 inter général de mise sous tension et démarrage de la partie informatique,
* 1 inter général de mise sous tension de la plateforme dynamique,
* 1 ARU (arrêt d'urgence) qui met en sécurité les fonctions dynamiques et fige la plateforme.

E-10 : Documentations techniques des commandes à fournir :

- Références et notices techniques des constituants commerciaux,
- plan de câblage du système et schémas électriques
- plan de positionnement des différentes commandes au format Solidworks

F- Visualisation de l'environnement extérieur:

F-1 : Description matériel du système de visualisation :

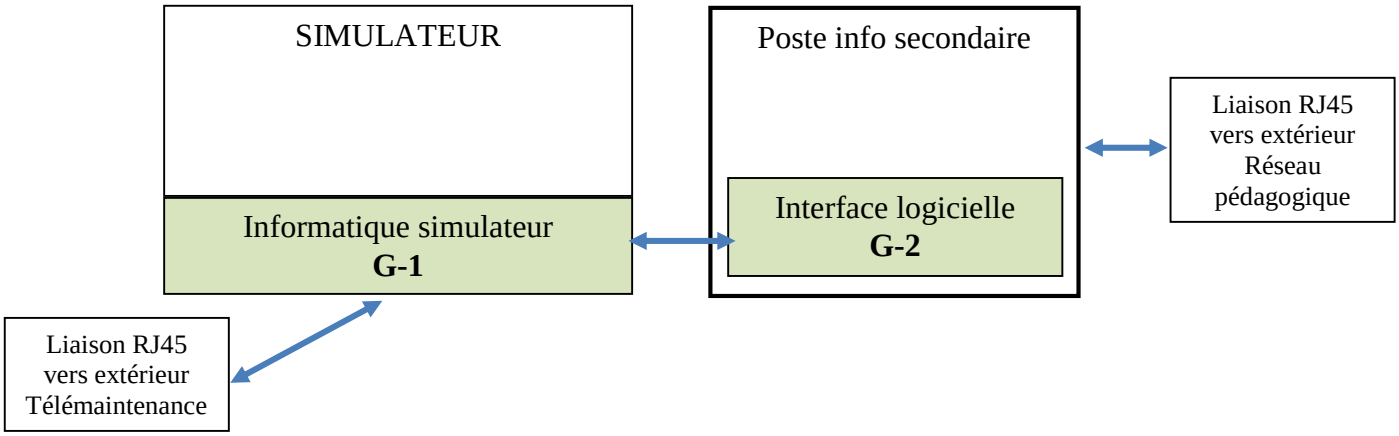
* La visualisation de l'environnement extérieur sera réalisée par 3 écrans couleurs de 24'' MINI placés côte à côte (vue centrale + vue droite et gauche à 45°),

F-2 : Documentations techniques à fournir :

- Références et notices techniques des constituants commerciaux,
- schéma de câblage du système de visualisation,

G- Equipements informatiques et logiciels de commande du simulateur:

Structure générale du système informatique



G-1 : Description du système informatique <u>implanté sur le simulateur</u>:

Partie Hardware :

* 1 ordinateur de dernière génération avec les cartes nécessaires au pilotage du simulateur, de sa plateforme ainsi que la prise en compte des 4 écrans en HD,
* Si le matériel est installé sur la partie mobile du simulateur, **il devra être compatible avec les accélérations** qu'il subira lors de l'animation 3D du simulateur, **une certification écrite** est demandée
* 1 ensemble clavier/souris sans fil
* 1 kit son avec casque et micro intégré

Partie software :

* Suite Windows 7
* Flight Simulator X version Gold
* Modèle de vol numérique spécifique DR-400.
* Logiciels spécifiques de pilotage du système et drivers (plateforme, interfaces de commandes et d'affichage, variateurs et moteurs) + formats natifs et algorithmes associés

Menu de démarrage:

Au démarrage du simulateur, un menu permettra:

- **entrée élève** : il autorisera l'accès limité (par le professeur) à des fonctions :
    - Choix de l'environnement de vol (avion, météo, missions,…)
    - Fonctions pédagogiques (sélection des paramètres à étudier, choix du protocole de mesure, lancement de l'acquisition, extraction des données dans un fichier,…)
- **entrée professeur**: protégé par un mot de passe. Ce menu permettra au professeur :
    - de limiter les choix de l'élève dans le menu « environnement de vol » (avion, météo, missions,…)
    - de sélectionner les fonctions pédagogiques accessibles par les élèves
    - un accès libre au simulateur (environnement, …)
    - un accès direct à toutes les données du simulateur, codes sources des données, algorithmes, paramètres du simulateur (consignes, vitesses, positions, état électrique,….) :
        - pour la plateforme mobile
        - pour l'interface pilote
        - les paramètres numériques du vol

G-2 : Informatique secondaire (poste informatique supplémentaire) :

Partie Hardware :

Le poste informatique de dernière génération est à fournir configuré.
Il devra pouvoir être relié au réseau du lycée pour permettre le transfert des données, la mise en route à distance du simulateur et son fonctionnement en poste « instructeur ».

Partie software :

* Suite Windows 7

Une interface logicielle de liaison avec le simulateur **sera développée** pour :

- récupérer les données du simulateur et les rendre accessibles depuis le réseau du lycée
- assurer la passerelle entre les données issues de MATLAB (associé au logiciel Flightgear) pour transférer ces données **vers** le simulateur et actionner en externe les différentes fonctions sans avoir à modifier le programme résidant du simulateur.
- Assurer la fonction « instructeur » pour permettre la modification de paramètres de vol du simulateur en cours de fonctionnement (pannes, changement météo,…)

H- Mise en conformité du simulateur:

* Toutes les installations électriques doivent répondre aux normes en vigueur (protection, ARU, etc.),
* Déclaration de conformité du système CE,

I- Spécificités pour l'exploitation pédagogique du simulateur:

L'exploitation pédagogique du simulateur nécessite un accès aux données échangées entre le système de gestion et les différents sous-ensembles du simulateur sans en perturber le fonctionnement.

I-1 : Interface d'échanges de données avec la plateforme dynamique :

* Elle doit permettre de récupérer et de modifier les paramètres de configuration des 3 variateurs, d'effectuer l'acquisition de toutes les grandeurs mesurées par les différents capteurs,
* Disposer d'un accès au code source du logiciel de commande de la plateforme afin de pouvoir dialoguer et piloter le système avec des logiciels spécifiques (Matlab et Labview)

I-2 : Echanges de données avec le tableau de bord:

* Disposer d'un accès au code source du logiciel d'interface (driver) des commandes du tableau de bord,

I-3 : Documentations techniques à fournir :

* schéma de câblage des différents modules

J : Maintenance et dépannage

* Le fournisseur doit être en mesure de diagnostiquer à distance les défauts (via une liaison internet),
* Manuel de maintenance 1er niveau,

Prestations générales

* **Transport du simulateur** vers l'établissement dépositaire du marché, déchargement et dépose dans le local de destination,
* **Montage des éléments sur place** si nécessaire selon la configuration des locaux précisée lors de la commande,
* **Garantie pièces et main d'œuvre sur site : 1 an**,
* **Sauvegarde complète de la configuration du simulateur pour réinitialisation**
* **Mise en service et paramétrage** du simulateur,
* **Prise en main** du simulateur par les utilisateurs sur 1 journée,
* Manuel d'utilisation du simulateur à fournir avec le descriptif du marché.